第19講

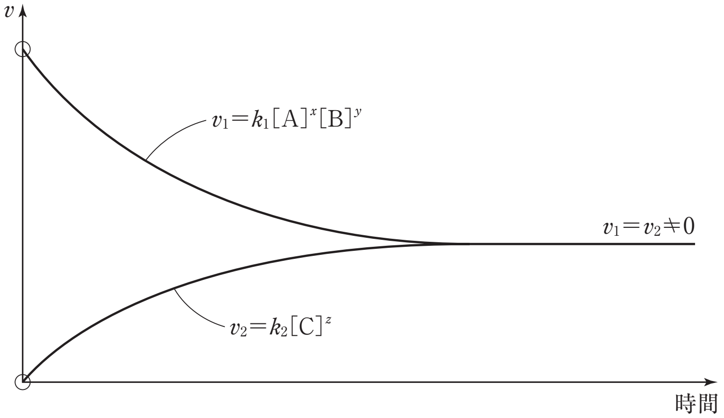
4 化学平衡

(2) 平衡状態

可逆反応を放置すると，正反応の速さと逆反応の速さが一致し，見かけ上反応が停止した状態になる。これを平衡状態という。

$$xA + yB \rightleftarrows zC$$

正反応の速さ v_1
逆反応の速さ v_2
見かけの速さ $v_1 - v_2$



(3) 化学平衡（質量作用）の法則

$xA + yB \rightleftarrows zC$ が平衡状態にあるとき，次の式が成立する。

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^z}{[A]^x[B]^y}$$

K を平衡定数といい，温度が一定のときは常に一定値となる。
また，A，B，Cが気体のとき，

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

が成立するため，

$$K = \frac{P_C{}^z}{P_A{}^x P_B{}^y}(RT)^{x+y-z}$$

と表すことができる。

この $\frac{P_C{}^z}{P_A{}^x P_B{}^y}$ を圧平衡定数 K_p という。

第19講　演習問題

8　下の文章を読んで，以下の問いに答えよ。ただし，解答に際して数値の有効数字は2桁とせよ。

可逆反応の平衡について，その化学反応式とエンタルピー変化ΔHが次式で表される場合を考える。

$$a\mathrm{A} + b\mathrm{B} \rightleftarrows c\mathrm{C} \quad \Delta H = Q(\mathrm{kJ}) \quad \cdots\cdots ①$$

ここで，a，b，cは係数，A，B，Cは気体分子の化学式を表す。ただし気体A，B，Cは理想気体の状態方程式に従うものとする。A, B, Cのモル濃度を[A](mol/L)，[B](mol/L)，[C](mol/L)で表すとき，この可逆反応の平衡定数Kは次式で表される。

$$K = \frac{[\mathrm{C}]^c}{[\mathrm{A}]^a[\mathrm{B}]^b}$$

また，気体A，B，Cの分圧をp_{A}(kPa)，p_{B}(kPa)，p_{C}(kPa)で表すとき，圧平衡定数K_{p}を次式で表すことができる。

$$K_{\mathrm{p}} = \frac{{p_{\mathrm{C}}}^c}{{p_{\mathrm{A}}}^a {p_{\mathrm{B}}}^b}$$

温度Tが一定であれば，K_{p}もKと同様に一定の値となる。

問1　$K = K_{\mathrm{p}}$が成立するためのa，b，cの間の条件式を書け。

問2　①式において，$a = 1$，$b = 1$，$c = 2$の場合を考える。最初に，体積1Lの容器に温度300Kの気体Cを導入した。反応容器は常に300Kに保たれるものとする。反応開始後，気体A，B，Cの物質量がそれぞれ1.0mol，1.0mol，8.0molのときに平衡状態に達した。気体Cをさらに4.0mol加えると①式の反応が起こり，ふたたび平衡状態に達した。

(1)　最終的に容器内に含まれる気体A，B，Cの物質量はそれぞれ何molであるか。その数値を書け。また導出過程も記述せよ。

(2)　最初に気体Cを容器に入れた直後(状態1)および2回目の平衡状態に到達した後(状態2)における，気体Cの分圧は何kPaか。その数値を書け。

第19講　確認テスト

1　H_2(気)とI_2(気)が反応しHI(気)が生成する反応では⑴式の化学平衡が成り立つ。

$$H_2(気) + I_2(気) \rightleftarrows 2HI(気) \quad \cdots\cdots(1)$$

この化学平衡および気体の性質に関する下の問1，問2に答えよ。ただし，原子量は，H=1，I＝127とし，平衡状態では，それぞれ気体は理想気体とみなせるものとする。また，420℃における⑴式の平衡定数Kは49とする。

問1　容器中にH_2(気)およびI_2(気)の濃度がそれぞれ0.45 mol/Lになるように入れ，420℃に保ったところ，十分な時間が経過した後に平衡状態に達した(平衡状態A)。この平衡状態での，HIの密度(g/L)はいくらか。次の㋐～㋓から最も近いものを選び，記号で答えよ。

㋐　25　　㋑　45　　㋒　79　　㋓　90

問2　420℃で，平衡状態Aにある容器中にH_2(気)とI_2(気)をさらに加え，そのときのH_2とI_2の濃度をそれぞれ0.55 mol/Lにした。この状態から十分に時間が経過し平衡状態に達したときのHIの濃度(mol/L)はいくらか。次の㋐～㋓から最も近いものを選び，記号で答えよ。

㋐　7.0×10^{-1}　　㋑　1.1　　㋒　1.4　　㋓　2.8

〈Note〉

第19講　演習問題

8

問１　$a+b-c=0$

問２　(1)　A　1.4　　B　1.4　　C　11　　（導出過程略）

　　　(2)　状態１　2.5×10^{4}　　状態２　2.8×10^{4}

第19講　確認テスト

1　問1　㋓　　問2　㋒

【解説】

問1　反応した水素とヨウ素をx(mol/L)とすると

	H_2	＋	I_2	⟶	2HI	(mol/L)
反応前	0.45		0.45		0	
変化量	$-x$		$-x$		$+2x$	
反応後	$(0.45-x)$		$(0.45-x)$		$2x$	

よって，平衡定数は

$$K=\frac{(2x)^2}{(0.45-x)(0.45-x)}$$

$$=49$$

$x=0.35,\ 0.63$

ただし，$0<x<0.45$なので，$x=0.35$(mol/L)

よって，HIの濃度は，$0.35\times2=0.7$(mol/L)

これより，HI(分子量128)の密度は，$0.7\times128=\boxed{89.6}$(g/L)

問2　問1より，状態AではHIが0.7(mol/L)あり，H_2とI_2をそれぞれ0.55(mol/L)にしている。反応開始点はどこを選んでも平衡点は同じであるため，

H_2とI_2をそれぞれ0(mol/L)，HIを1.8(mol/L)から開始し，HIが$2y$(mol/L)反応したとすると，

	H_2	＋	I_2	⟶	2HI	(mol/L)
反応前	0.55		0.55		0.7	
設定した開始点	0		0		1.8	
変化量	$+y$		$+y$		$-2y$	
反応後	y		y		$1.8-2y$	

よって，平衡定数は

$$K=\frac{(1.8-2y)^2}{y^2}=49$$

となり，$y=-0.36,\ 0.2$(mol/L)

ただし，$0<y<0.9$なので，$y=0.2$(mol/L)

以上よりHIは，$1.8-2\times0.2=\boxed{1.4}$(mol/L)